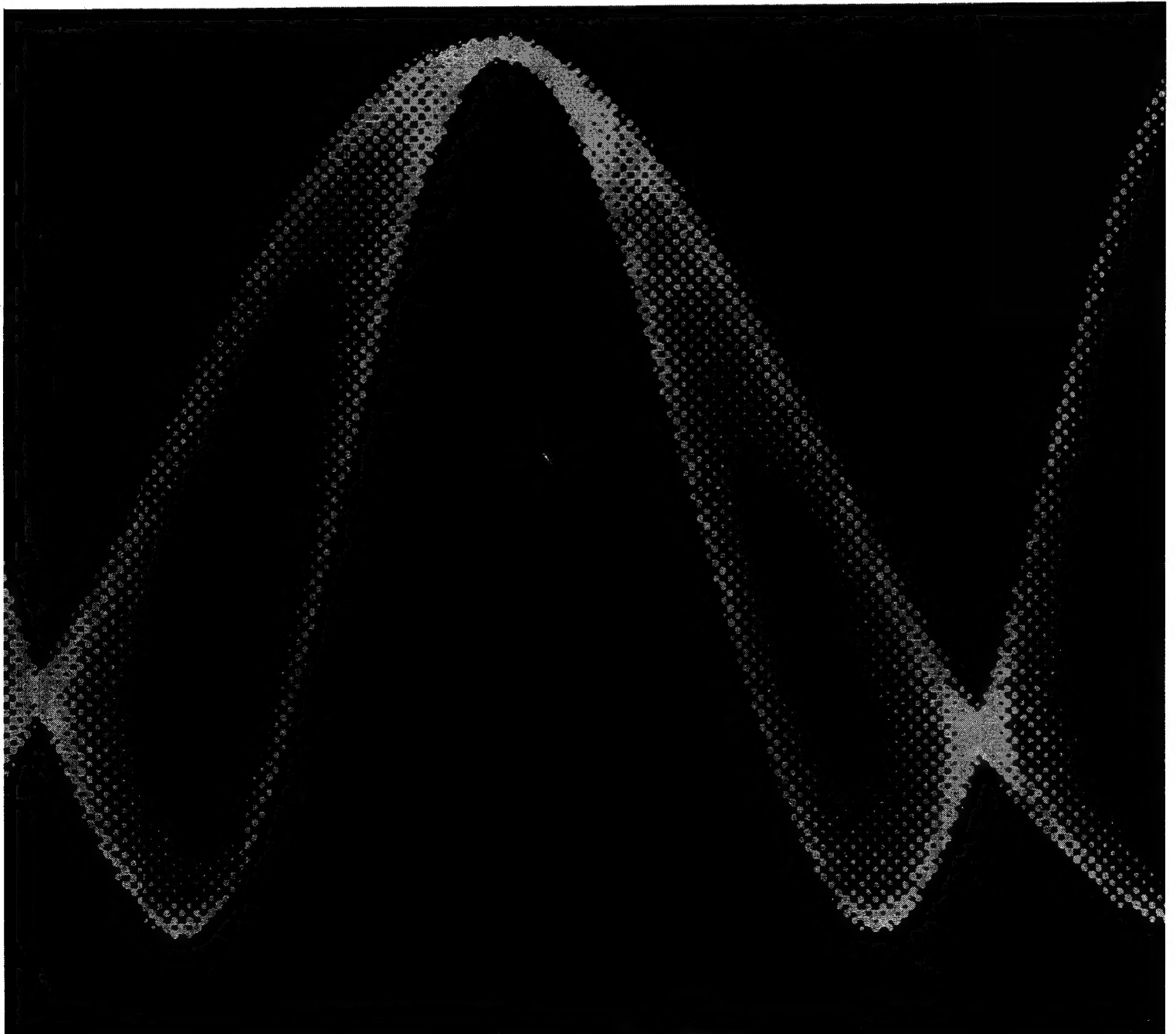


# Bedienungsanleitung Klirrfaktor-Meßgerät KM 394



### **Ersatzteilbestellung**

Im Interesse einer raschen Erledigung Ihres Auftrages bitten wir Sie bei Ersatzteilbestellungen um folgende Angaben:

1. Type und Fabr.-Nr. des Gerätes oder Einschubes, aus dem das defekte Teil stammt.
2. Position und vollständige Bezeichnung aus dem Schaltbild. (Nicht nur irgendwelche auf die Teile aufgedruckten Bezeichnungen!)

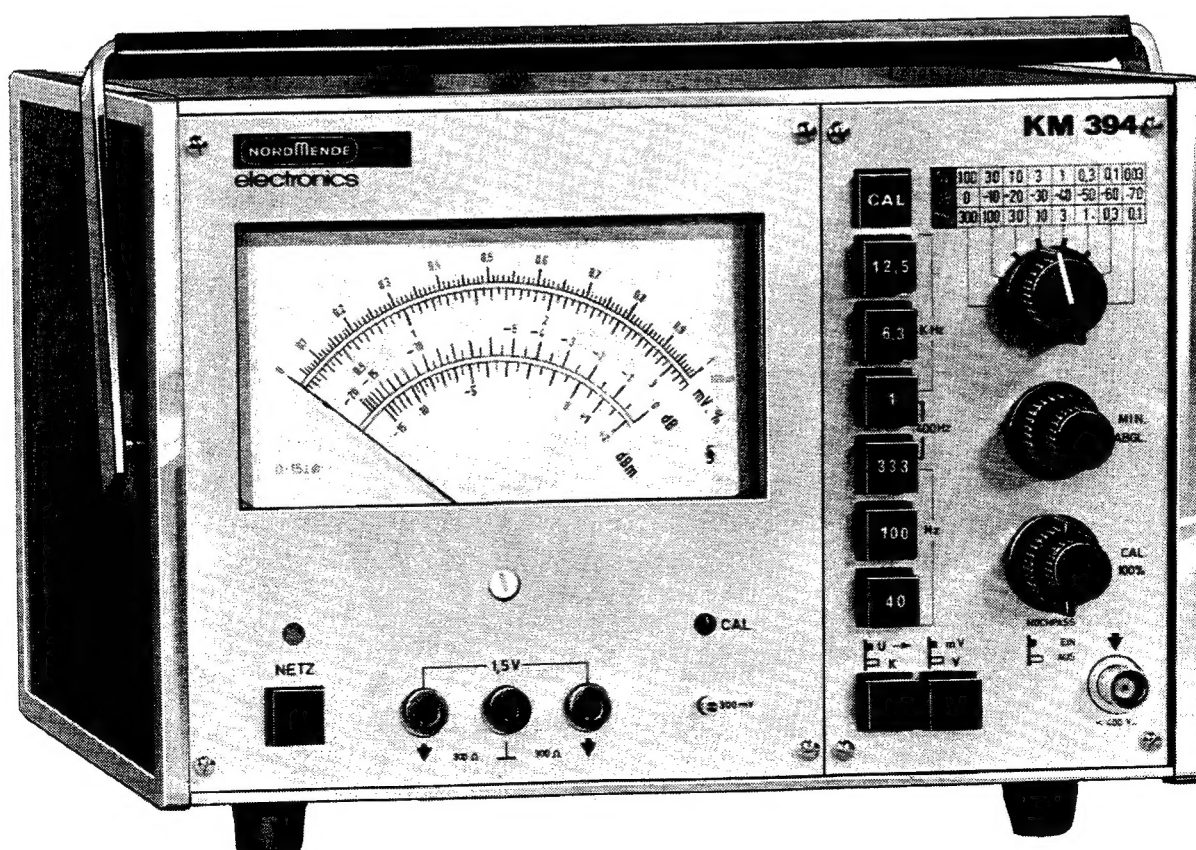
#### **Beispiel:**

FG 387 Fabr.-Nr. .... Diode D 103

Eine mit diesen Angaben versehene Bestellung versetzt uns in die Lage, Ihre Anforderung ohne Verzögerung sofort erledigen zu können.

# Bedienungsanleitung für Meßgeräte

## Klirrfaktor-Meßgerät KM 394





# Inhaltsverzeichnis

<b>Technische Daten</b>	<b>Seite</b>	<b>Anhang</b>	<b>Seite</b>
1.1 Klirrfaktor-Meßgerät	4	6.1 Aufbau eines Tiefpaßfilters	23
1.2 NF-Millivoltmeter	4	6.2 Meßwert-Korrektur unter Berücksichtigung des Prüfsignales	24
1.3 Allgemeine technische Daten	5	6.3 Hinweis zum Meßbereich 0,1 %	24
		6.4 Hinweis zum Bereich 0,03 %	24
<b>Inbetriebnahme und Einstellung</b>			
2.1 Netzanschluß	6		
2.2 Bedienungselemente und Anschlußbuchsen	6		
2.3 Grundeinstellung zur Messung des Klirrfaktors	6		
2.4 Grundeinstellung bei Betrieb als Voltmeter	8		
<b>Beschreibung und Wirkungsweise</b>			
3.1 Blockschaltbild	10		
3.2 Impedanzwandler	11		
3.3 Aktiv-Wienbrücken-Filter	11		
3.4 Hochpaß	11		
3.5 Anzeigeverstärker	11		
3.6 Gleichrichter-Netzwerk	12		
3.7 Eichgenerator	12		
3.8 Netzteil	12		
<b>Anwendung</b>			
4.1 Klirrfaktor-Messung	13		
4.2 Voltmeter-Betrieb	14		
4.3 Spannungsmessung mit dem KM 394	15		
4.4 KM 394 als Meßverstärker	15		
4.5 Verstärkungs- und Dämpfungsmessungen an aktiven und passiven Vierpolen	16		
<b>Wartung</b>			
5.1 Betriebsspannungen	17		
5.2 Nacheichung im Voltmeter-Betrieb	17		
5.3 Nacheichung im Klirrfaktor-Betrieb	20		
5.4 Brückenabgleich bei 1 kHz Festfrequenz	21		
5.5 Abgleich der übrigen Festfrequenzen	22		
5.6 Kontrolle des Hochpaßfilters	22		

# Technische Daten

## 1.1 Klirrfaktor-Meßgerät Betriebsart „K“

Meßfrequenzen (Grundwelle):

Klirrfaktor-Meßbereiche:

Meßunsicherheit:

Meßbereiche 100 - 30 - 10 - 3 - 1 %:

Meßbereich 0,3 %:

Meßbereich 0,1 %:

Eigenklirrgrad:

Grundwellenunterdrückung

(Phase und Betrag stetig einstellbar):

Eingangswiderstand:

Eingangsspannung für 100-%-Eichung:

Hochpaßfilter für Frequenzen:

50-Hz-Unterdrückung:

40 - 100 - 333 - 400 Hz, 1 - 6,3 - 12,5 kHz

0,03 - 0,1 - 0,3 - 1 - 3 - 10 - 30 - 100 %

(Skalenendwert)

$\pm 3$  % vom Skalenendwert

$\pm 5$  % vom Skalenendwert

$\pm 5$  %, wenn Eigenklirrgrad berücksichtigt wird. (Hinweis Abschnitt 6.3)

ca. 0,03 %

$> 80$  dB

1 M $\Omega$

U<sub>eff</sub> = min. 300 mV ... max. 300 V

$> 1$  kHz

$> 40$  dB

## 1.2 NF-Millivoltmeter Betriebsart „U“

Spannungsbereiche:

Taste „mV“ gedrückt:

Taste „V“ gedrückt:

Abschwächer: fein;

grob;

Frequenzbereich:

Meßunsicherheit:

0,1 - 0,3 - 1 - 3 - 10 - 30 - 100 - 300 mV

0,1 - 0,3 - 1 - 3 - 10 - 30 - 100 - 300 V

geeichte 10-dB-Stufen (0 ... -70 dB)

geeichte 60-dB-Stufe als Umschalter V - mV

3 Hz (+ 3 dB) ... 3,5 MHz (— 3 dB)

20 Hz ... 100 Hz + 3 %

100 Hz ... 100 kHz  $\pm 2$  %

100 kHz ... 300 kHz — 3 %

300 kHz ... 700 kHz — 5 %

1 M $\Omega$  || 50 pF Taste „mV“ gedrückt

1 M $\Omega$  || 30 pF Taste „V“ gedrückt

10 M $\Omega$  || 8 pF

Eingangsimpedanz:

mit Tastkopf Typ 398:

Eigenstörspannung

bei 100  $\mu$ V Empfindlichkeit:

U<sub>eff</sub>  $< 15$   $\mu$ V (600- $\Omega$ -Anschluß)

U<sub>eff</sub>  $< 20$   $\mu$ V (bei 100-k $\Omega$ -Abschluß,  
abgeschirmt)

Anstiegszeit:

Überschwingen:

Verstärker-Klirrfaktor bei 1 kHz

300 mV ... 3 mV:

Eichspannung:

$< 100$  ns

$< 3$  %

$< 0,3$  %

U<sub>eff</sub> = 300 mV  $\pm 1$  % ca. 1,3 kHz Rechteck

## 1.3 Allgemeine technische Daten

Eingang:

Anschlußbuchse:

Max. Eingangsspannung:

erdfrei, unsymmetrisch

BNC-Buchse

400 V (DC bzw. U<sub>eff</sub>)

NF-Ausgang, erdfrei ( $U_{\text{eff}}$ ):

Gleichspannungsanteil:

Anschlußbuchsen:

Effektivwert-Anzeige durch Diodennetzwerk

Scheitelfaktor:

Anzeige-Zeitkonstante:

symm. 1,5 V an 600  $\Omega$   
unsymm. 0,75 V an 300  $\Omega$   
symm. < 20 mV  
unsymm. ca. 4 V  
Telefon-Buchsen

$$\frac{U_s}{U_{\text{eff}}} \leq 3,5$$

ca. 500 ms

### **Sonstiges**

Netzspannung:

Leistungsaufnahme:

Abmessungen:

Gewicht:

Temperaturbereich:

Einhalten der Techn. Daten:

Überlastungsschutz für Eingangsverstärker  
und Anzeigeinstrument

220/110  $\pm$  10 %, 50/60 Hz  
ca. 9 VA  
240 x 160 x 210 mm (B x H x T)  
5,5 kg

10 ... 40° C Umgebungstemperatur

### **Zubehör:**

Standardzubehör:

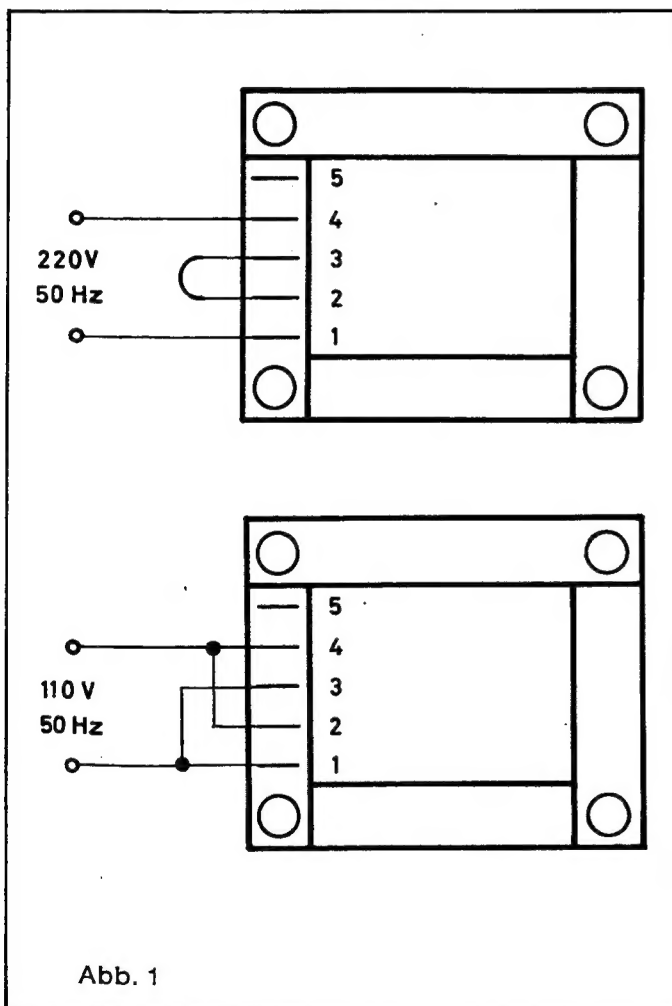
Zubehör (auf Sonderwunsch):

Anschlußkabel Typ 331.35  
Tastkopf Typ 398  
Kabel 331.14 (BNC-Stecker)  
Kabel 331.45 (Lautsprecher-Stecker)  
Kabel 331.46 (Phono-Stecker)

# Inbetriebnahme und Einstellung

## 2.1 Netzanschluß

Das Gerät ist werkseitig auf 220 V eingestellt. Es kann jedoch durch Parallelschalten der Primärspulen des Netztransformators (siehe Abb. 1) auf 110-V-Betrieb umgeschaltet werden. Die Netzsicherung an der Rückwand ist dann gegen eine Sicherung mit dem Nennwert 0,1 A auszutauschen. Der Netzanschluß erfolgt über ein Kabel mit Kaltgeräte-Stecker.



## Erdung

Der Schutzleiter ist in diesem Gerät zur Vermeidung von Brummschleifen nicht mit dem Gehäuse bzw. der Meßerde verbunden. Er ist lediglich am Schirm des Netztransformators angeschlossen und dient, außer zur Verminderung von Brummeinstreuungen, auch als Sicherheit gegen Überschlüge von der Primär-

zur Sekundärspule (Schutzklasse I VDE 0411). Zum Schutz der Bedienungsperson gegen Berührungsspannungen ist der gesamte Netzstromkreis in verstärkter Isolation (4 kV) ausgeführt. Bei Arbeiten an Allstromgeräten ist ein Trenntransformator zu benutzen!

**Achtung!** Da das Gehäuse auf dem Potential der Meßerde liegt, ist insbesondere bei Messungen an hochliegenden Spannungen Vorsicht geboten.

## 2.2 Bedienungselemente und Anschlußbuchsen

In der Frontansicht (Abb. 2) sind sämtliche Schalter, Knöpfe und Buchsen mit Bezugswerten versehen. Die Bedeutung der einzelnen Bedienungselemente wird in der Reihenfolge anschließend erläutert:

- 1 Netztaste
- 2 Verstärker-Ausgangsbuchsen:  
a-c: symm.  $U_{eff} = 1,5 \text{ V}$  an  $600 \Omega$   
a-b bzw. b-c: unsymm.  $U_{eff} = 0,75 \text{ V}$  an  $300 \Omega$
- 3 Eicheinsteller für Meß-Verstärker
- 4 Eichspannungsquelle ( $U_{eff} = 300 \text{ mV}$  Rechteck, ca. 1,3 kHz)
- 5 Betriebsartentaste K/U (Klirrfaktormessung/Voltmeter-Betrieb)
- 6 Abschwächertaste V/mV (nur im Voltmeter-Betrieb in Funktion)
- 7 Eingangsbuchse, unsym. Eingang
- 8 Grobabschwächer für Klirrfaktormesser
- 9 Feinabschwächer für Klirrfaktormesser
- 9a Hochpaßschalter gedrückt: Hochpaß ein
- 10 Feinabstimmung „Phase“
- 11 Feinabstimmung „Betrag“
- 12 Bereichsschalter
- 13 Festfrequenz-Tasten und „CAL“-Taste für Klirrfaktormessung
- 14 Anzeigeinstrument

## 2.3 Grundeinstellungen zur Messung des Klirrfaktors

### 2.3.1

Bereichsschalter (12) auf Linksanschlag (100 %).

- 2.3.2  
Grob- und Feinabschwächer (8 u. 9) auf Links-  
anschlag.
- 2.3.3  
Beriebsartentaste (5) auslösen auf „K“  
(Klirrfaktormessung).
- 2.3.4  
Feinabstimmung Phase (10) und Feinabstim-  
mung Betrag (11) auf Mitte des Drehbereiches.
- 2.3.5  
Hochpaß (9a) einschalten, wenn die Grund-  
welle  $\geq 1$  kHz.
- 2.3.6  
Taste „CAL“ (13) drücken.
- 2.3.7  
Meßobjekt (z. B. Ausgang eines von einem NF-  
Generator gespeisten Verstärkers) über abge-  
schirmtes Kabel oder Tastkopf an die Ein-  
gangsbuchse anschließen (siehe Beispiel Seite  
14). Es ist eine Mindestspannung der Grund-  
welle von 0,3 V erforderlich.
- 2.3.8  
NF-Generator auf die zu untersuchende Fre-  
quenz stellen, die auch am KM 394 eingeschalt-  
et werden soll.
- 2.3.9  
Mit Grob- und Feinabschwächer das Instrument  
auf 100 % (obere Skala) eichen.

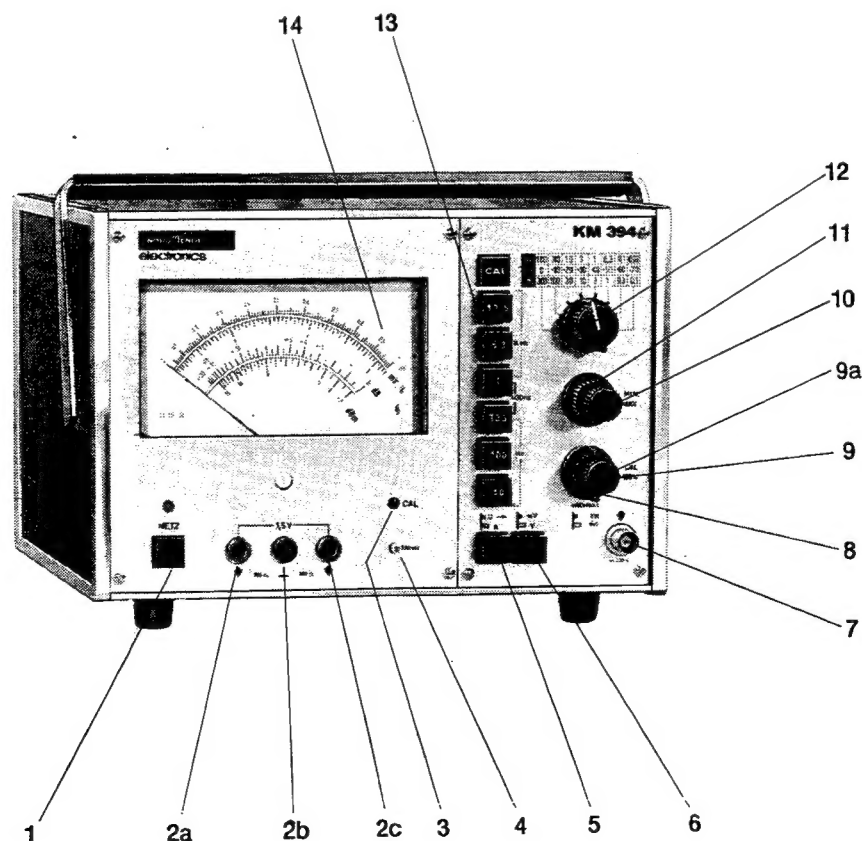


Abb. 2 Frontansicht des KM 394

### 2.3.10

Entsprechende Frequenz-Taste einschalten, wobei der Zeigerausschlag mehr oder weniger zurückgeht.

### 2.3.11

Zeigerausschlag des KM 394 durch langsame Frequenzänderung des NF-Generators auf geringsten Ausschlag bringen.

### 2.3.12

Bereichsschalter nun auf größere Empfindlichkeit stellen (Zeigerausschlag auf ca.  $\frac{1}{3}$  bis  $\frac{1}{4}$  der Skala) und durch geringe Frequenzänderung des Generators ein eindeutiges Minimum einstellen. Die Minimum-Einstellung sollte sehr sorgfältig durchgeführt werden, da sonst der Abgleichbereich des Phaseneinstellers für den Brückenabgleich nicht ausreicht!

### 2.3.13

Feinabstimmung Phase (10) und Feinabstimmung Betrag (11) wechselseitig auf geringsten Zeigerausschlag einstellen (Brücken-Feinabgleich) und, wenn notwendig, den Bereichsschalter auf noch größere Empfindlichkeit stellen.

### 2.3.14

Klirrfaktor entsprechend der Bereichsschalter-Stellung auf einer der beiden oberen Skalenteilungen des Instrumentes ablesen.

### Ablesebeispiele:

Bei Klirrfaktormessungen gelten für den Bereichsschalter (12), die oberen in % geeichten Schalterstellungen. Nach dem Minimum-Abgleich der Brücke ergibt sich damit der Klirrfaktor des Meßobjektes aus dem eingeschalteten Bereich und dem Zeigerausschlag des Gerätes, wobei in den Bereichen 0,03 - 0,3 - 3 - 30 % die Instrumenten-Skala 0 ... 3,2 und in den Bereichen 0,1 - 1 - 10 - 100 % die obere Skala 0 ... 1 gilt.

### Beispiele:

Bereich 3 %	Anzeige: 1,5	Klirrfaktor: 1,5 %
Bereich 1 %	Anzeige: 0,7	Klirrfaktor: 0,7 %

## 2.4 Grundeinstellung bei Betrieb als Voltmeter

- Bereichsschalter auf Linksanschlag
- Betriebsarten-Taste auf „U“
- Abschwächer-Taste auf „V“ bei hoher Spannung (300 V ... 0,1 V) bzw. auf „mV“ bei niedriger Spannung (300 mV ... 0,1 mV)
- Messen der unbekannten Spannung
  - niederohmig z. B. mit Anschlußkabel 331.14; 331.45; 331.46 oder Tastkopf 1:1;
  - hochohmig mit frequenzkompensiertem Spannungsteiler-Tastkopf z. B. Typ 398.

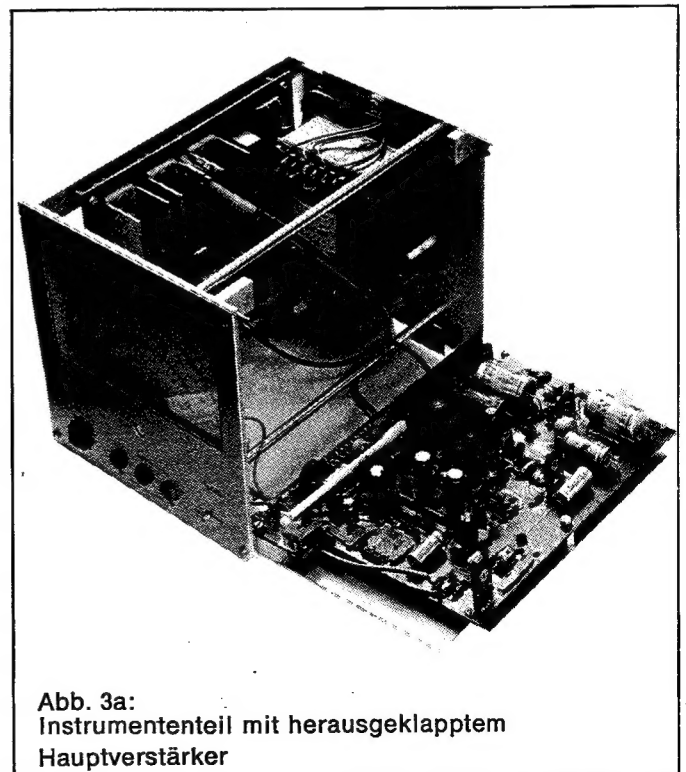
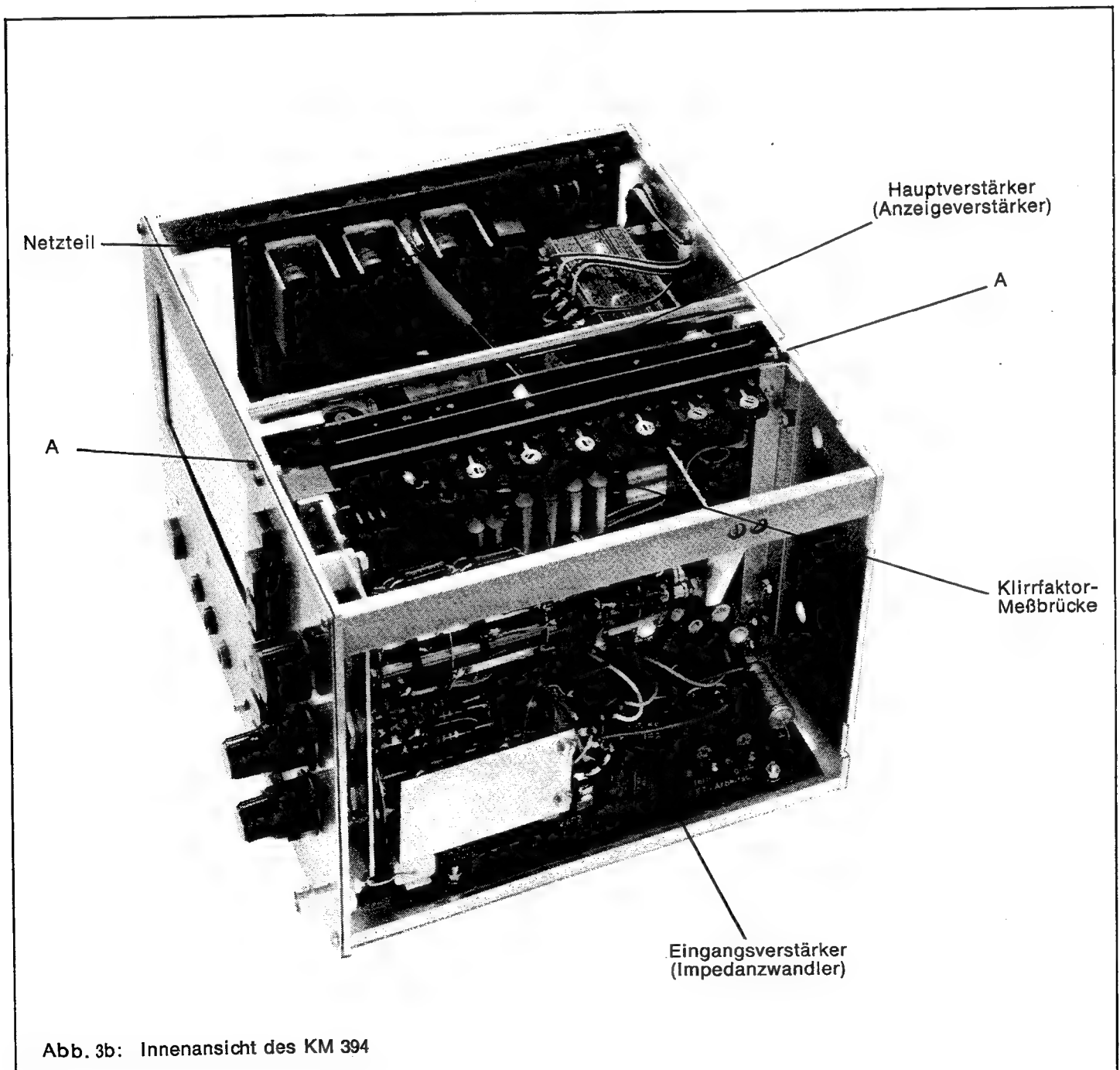


Abb. 3a:  
Instrumententeil mit herausgeklapptem  
Hauptverstärker

# Beschreibung und Wirkungsweise

Das Klirrfaktor-Meßgerät ist als Einschub in selbsttragender Bauweise aufgebaut. Nach Lösen der Schlitzschraube an der unteren Rückwandhälfte läßt sich das Chassis nach vorne aus dem Gehäuse ziehen, so daß sämtliche Abgleichelemente leicht zu erreichen sind.

Soll eine weitere Demontage vorgenommen werden, so kann nach Lösen der 4 Schraubverbindungen A (Abb. 3) der rechte Teil von der Instrumentenseite getrennt werden, Klapp-Platinen erleichtern im Reparaturfall den Zugang zu den Bauteilen.



### 3.1 Blockschaltbild

Über den prinzipiellen Aufbau des KM 394 gibt das Blockschaltbild Abb. 4 Auskunft. Die Hauptgruppen des Gerätes sind: Impedanzwandler, Aktiv-Wienbrücken-Filter und Anzeigeverstärker mit Gleichrichternetzwerk.

Arbeitet das Gerät als Klirrfaktormesser, dann gelangt das zu überprüfende Eingangssignal über den Grobabschwächer für Klirrfaktormessung ( $5 \times 10$ -dB-Schalter) auf den Impedanzwandler. Der Ausgang des Impedanzwandlers speist über den Feinabschwächer für Klirrfaktormessung (Referenz-Niveau) ein Aktiv-Wienbrücken-Filter, bestehend aus Brücken-  
vorverstärker, Wienbrücke und Brückenendver-

stärker. Nach der Grundwellenunterdrückung durch das jeweilige Aktiv-Filter gelangen die Oberwellen direkt oder bei eingeschaltetem Hochpaß-Schalter über einen Hochpaß auf den Bereichsschalter ( $7 \times 10$ -dB-Stufen) und von dort auf den Anzeigeverstärker. Dieser steuert ein Gleichrichter-Netzwerk an, das die Anzeigespannung für das Drehspul-Instrument liefert. Bei Voltmeter-Betrieb gelangt die zu messende Wechselspannung über die mV/V-Umschalt-Taste (Abschwächer 1:1, 1:1000) ebenfalls auf den Impedanzwandler. Der Ausgang des Impedanzwandlers ist jetzt aber durch Umschaltung direkt auf den Bereichsschalter ( $7 \times 10$ -dB-Abschwächer) geführt, während das Aktiv-Wienbrücken-Filter abgeschaltet ist. Der wei-

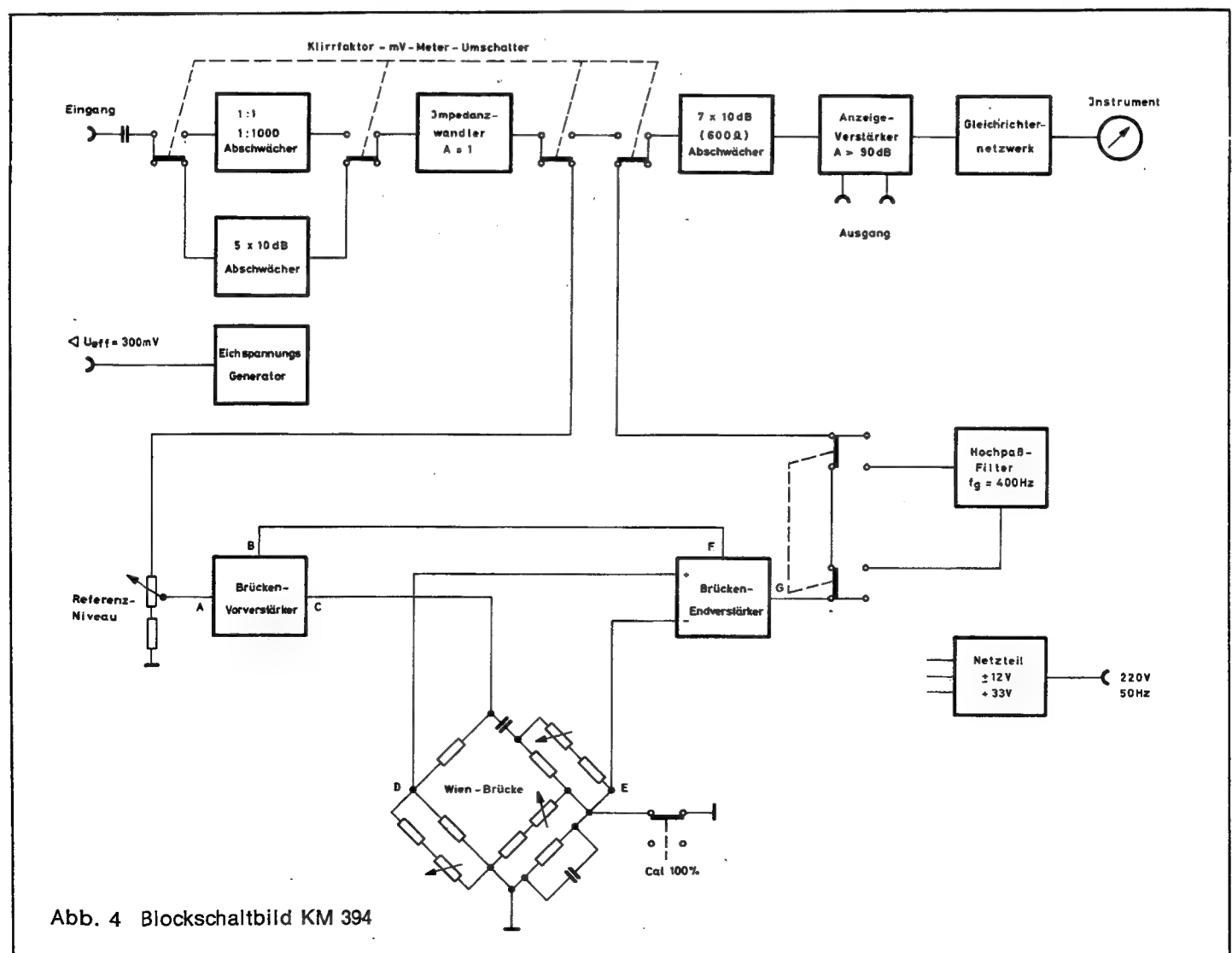


Abb. 4 Blockschaltbild KM 394

tere Durchlauf des Signales ist ab hier der gleiche, wie bei der Klirrfaktormessung: über Anzeigeverstärker und Gleichrichter-Netzwerk auf das Instrument.

Das Rechteck-Signal des Eichspannungs-Generators ist über eine Buchse an der Frontseite des Gerätes zu entnehmen; es läßt sich außer zur Eichung des Meß-Verstärkers auch zum Abgleich des Kompensations-C im Tastkopf Typ 398 verwenden.

Das Gerät ist netzbetrieben; das Regelnetzteil gewährleistet eine hohe Konstanz der Betriebsspannungen aller aktiver Stufen.

### 3.2 Impedanzwandler

Der Impedanzwandler ist als Bootsstrap-Verstärker mit einer Spannungsverstärkung von 1 ausgeführt. Dank seiner hundertprozentigen Gegenkopplung hat er einen vernachlässigbar kleinen Eigenklirrfaktor.

Durch die Verwendung eines Feldeffekt-Transistors im Eingang erhält diese Schaltung, bei sehr geringem Eigenrauschen, eine sehr hohe Eingangsimpedanz. Damit ist gewährleistet, daß an der Eingangsbuchse der Eingangswiderstand ( $1\text{ M}\Omega$ ) konstant bleibt, unabhängig von der Stellung der Abschwächertaste mV/V im „U“-Betrieb bzw. der Stellung des Grobabschwächers für Klirrfaktormessung bei „K“-Betrieb. Mit den Arbeitspunkt-Einstellern R 408 und R 412 wird der Eigenklirrfaktor dieser Stufe auf ein Minimum abgeglichen. Der Eingang des Impedanzwandlers ist gegen Überlastungen mit einer Schmelzsicherung, einem Vorwiderstand und einer Diodenschaltung geschützt.

### 3.3 Aktiv-Wienbrücken-Filter

Das Aktiv-Wienbrücken-Filter setzt sich zusammen aus Brücken-Vorverstärker, Wienbrücke und Brückenendverstärker. Der Verstärkungsfaktor vom Eingang des Brückenvorverstärkers (Punkt A im Blockschaltbild) bis zum Ausgang des Brückenendverstärkers (Punkt G im Blockschaltbild) beträgt etwa 1, wenn bei der Ein-

stellung des Referenzniveaus von 100 % das Gate des Transistors T 504 durch Drücken der Taste „CAL“ wechsellspannungsmäßig an Masse geschaltet ist (Punkt E im Blockschaltbild). Der Gegenkopplungsfaktor im Zweig zwischen Brückenendverstärker und Brückenvorverstärker (Punkte F - B im Blockschaltbild) beträgt etwa 22 dB. Bei Betätigung einer der Drucktasten für die Filter-Festfrequenzen wird der Masseschluß am Gate von T 504 aufgehoben. Wenn die Eingangsfrequenz mit der eingeschalteten Festfrequenz übereinstimmt, ist die Spannungsdifferenz in der Brückendiagonalen (Punkte D - E im Blockschaltbild) bei genauem Brückenabgleich nach Phase und Betrag für die Grundwelle  $f_0 = 0$ . Der nachfolgende Brückenendverstärker hat dann am Ausgang wegen seiner großen Gleichtaktunterdrückung für die Grundwelle ebenfalls die Spannung 0. Infolgedessen ist die Gegenkopplungsschleife für die Grundwelle  $f_0$  unwirksam; dagegen bleibt für sämtliche Oberwellen ( $f_1, f_2, f_3, \dots f_n$ ) der Gegenkopplungsgrad von 22 dB erhalten.

### 3.4 Hochpaß

Die Dämpfungs-Charakteristik des Hochpaß-Filters ist so ausgelegt, daß die Grenzfrequenz bei 400 Hz ( $-3\text{ dB}$ ) liegt. Mit einem Amplitudenabfall von etwa 18 dB pro Oktave wird bei 50 Hz eine Dämpfung von über 40 dB erreicht.

### 3.5 Anzeigeverstärker

Der Anzeigeverstärker besteht aus Hauptverstärker und Vorverstärker. Der Hauptverstärker ist ein symmetrischer Gegentaktverstärker mit Differenzstufe am Eingang. Hierdurch wird vermieden, daß sich bei unsymmetrischer Speisung des nachfolgenden Gleichrichter-Netzwerkes die Diodensperrschicht-Kapazität der Graetz-Brücke bei hohen Frequenzen bemerkbar macht.

Die Verstärkung des temperaturkompensierten Gegentaktverstärkers beträgt ca. 60 dB; bei einer Empfindlichkeit von 3 mV beträgt seine Ausgangsspannung ca. 7,5 V. Da das Gleichrichter-Netzwerk einen sehr niedrigen

Innenwiderstand der speisenden Endstufe fordert, ist diese als Emitterfolger aufgebaut. Durch die starke Gegenkopplung ist es möglich, den Gegentaktverstärker ohne Koppelkondensatoren direkt an das Gleichrichter-Netzwerk anzuschließen.

Um die Empfindlichkeit des Gerätes bis auf  $100\text{ }\mu\text{V}$  für Vollausschlag zu erhöhen, muß ein Vorverstärker zugeschaltet werden. Der Vorverstärker ist aus Gründen der Temperaturstabilität stark gegengekoppelt; er besitzt einen rauscharmen Feldeffekt-Transistor am Eingang, seine Verstärkung beträgt ca. 30 dB. Mit wachsender Empfindlichkeit wird allerdings auch der Rauschabstand geringer: bei 1 mV ca. 40 dB, bei 0,3 mV ca. 30 dB und bei 0,1 mV ca. 20 dB.

### 3.6 Gleichrichter-Netzwerk

Für eine Effektivwertmessung bei beliebigen Spannungsformen benötigt man eine Gleichrichterschaltung mit quadratischer Charakteristik. Eine recht gute Annäherung an die geforderte quadratische Kennlinie wird durch ein Diodennetzwerk, bestehend aus 3 Dioden, erreicht. Die 1. Diode D 310 ist eine Germaniumdiode, sie wird ohne Vorspannung betrieben. D 308 und D 309 sind dagegen Silizium-Dioden und über Spannungsteiler unterschiedlich vorgespannt. Dadurch entsteht ein gebrochener Linienzug (Polygonzug), der der quadratischen Parabel angenähert ist. Es ist also ein spannungsabhängiger Widerstand entstanden, dessen Wert sich quadratisch mit der an ihm anliegenden Spannung ändert. Die Instrumentenskala ist infolgedessen praktisch linear, ausgenommen am Skalenanfang, wo eine Presung durch den Graetz-Gleichrichter auftritt. Mit dieser Schaltung ist es möglich, den Effektivwert der Spannung mit einem vernachlässigbaren Fehler bis zu einem Scheitelfaktor von 3,5 anzuzeigen. Die Diode D 311 schützt das Instrument vor Überlastung.

### 3.7 Eichgenerator

Der Eichgenerator ist ein Multivibrator mit hoher Temperaturkonstanz. Das von ihm er-

zeugte Rechteck mit einer Frequenz von ca. 1,3 kHz hat ein Tastverhältnis von ca. 0,5. Die Ausgangsspannung wird mit R 318 auf  $U_{\text{eff}} = 300\text{ mV}$  eingestellt.

### 3.8 Netzteil

Zur Erzeugung der benötigten Spannungen (+ 12 V, — 12 V und + 34 V) ist ein dreifaches Regelteil vorgesehen.

Das Regelteil für die Spannung + 12 V arbeitet mit der Z-Diode D 203 als Referenzquelle und der Regelvergleichsstufe T 201. Der Längstransistor T 207 wird von der Treiberstufe T 209, T 208 angesteuert.

Beim Einschalten (T 207 ist gesperrt) fließt der für T 201 erforderliche Basisstrom über R 214. Im eingeschwungenen Zustand überbrückt D 202 den Widerstand R 214, so daß dann der Basisstrom der geregelten Spannung entnommen wird.

Das Regelteil für die Spannung — 12 V benutzt die positive Spannung als Referenzspannung. Hier arbeitet T 202 als Vergleichsstufe und T 203 als Treiber für den Längstransistor T 205.

Die Referenzspannung für das + 34-V-Regelteil ist die stabilisierte Spannung des + 12-Volt-Regelteiles. T 204 ist dabei der Treiber für den Längstransistor T 206.

# Anwendung

Das Klirrfaktor-Meßgerät KM 394 stellt eine sinnvolle Kombination von Klirrfaktor-Meßbrücke (Wienbrücken-Prinzip) und hochempfindlichem Millivoltmeter (echte Effektivwertmessung) dar. Es erfaßt ein breites Anwendungsgebiet in der NF-Verstärkertechnik bei Messungen an aktiven und passiven Netzwerken. Dank seines geringen eigenen Klirrfaktors können mit diesem Gerät in Verbindung mit einem RC-Generator Klirrfaktormessungen an hochwertigen HiFi-Verstärkeranlagen nach DIN 45 500 durchgeführt werden. Die Messung erfolgt mit genormten Festfrequenzen nach DIN 45 401 (siehe techn. Daten). Durch Berücksichtigung der Tonband-Meßfrequenz 333 Hz ist es möglich, auch Tonbandgeräte normgerecht zu überprüfen.

Nach Umschaltung auf Voltmeterbetrieb läßt sich dieses Gerät außerdem als hochempfindliches echtes Effektiv-Voltmeter verwenden, d. h. die Anzeige des Effektivwertes ist unabhängig von der Kurvenform der zu messenden Spannung (gültig bis zu einem Scheitelfaktor von 3,5). Darüber hinaus gestattet der in 10-dB-Stufen geeichte Eingangsabschwächer in Verbindung mit der dB-Skala des Anzeigeinstrumentes die Verstärkungs- bzw. Dämpfungsmessung an Netzwerken in Dezibel.

Durch das Herausführen des Verstärkerausganges kann der durch seine große Empfindlichkeit und Bandbreite ausgezeichnete Ver-

stärker auch als Vorverstärker bei unempfindlichen Meßgeräten (z. B. Oszillographen) für kleinste Wechselspannungen benutzt werden. Die Eichung des Verstärkers ist jederzeit mit dem eingebauten Eichgenerator kontrollierbar.

## 4.1 Klirrfaktor-Messung

Soll der Klirrfaktor eines NF-Verstärkers oder eines NF-Oszillators gemessen werden, so wird der Eingang des KM 394 über ein entsprechendes Anschlußkabel an den NF-Ausgang des Meßobjektes angeschlossen.

Hierfür gebräuchliche Anschlußleitungen sind z. B.: Kabel 331.14 mit BNC-Steckern an beiden Enden,

Kabel 331.45 mit BNC-Stecker und Lautsprecher-Anschlußstecker,

Kabel 331.46 mit BNC-Stecker und Tonabnehmer-Anschlußstecker,

Tastkopf 398 für hochohmige Ankopplung an das Meßobjekt.

Soll mit dem KM 394 ein Gerät mit besonders kleinem Klirrgrad ca. 0,1 % und kleiner, ausgemessen werden, so sind zwei Dinge zu beachten: 1. Sofern es sich um eine Verstärker-Messung handelt, darf das speisende NF-Signal möglichst nur einen Bruchteil des Klirrgrades vom Meßobjekt besitzen.

2. In den empfindlichsten Meßbereichen ist der Eigenklirrfaktor des KM 394 bereits bei der Auswertung des Meßergebnisses zu berücksichtigen. Er muß für exakte Messung ebenso wie der Klirrfaktor des speisenden NF-Signals eliminiert werden.

Mathematisch läßt sich dieses nach folgender Formel lösen:

$$K = \sqrt{(K_{\text{Anzeige}}^2) - (K_{\text{Generator}}^2) - (K_{\text{KM 394}}^2)}$$

Zur Erleichterung sind im Anhang der Bedienungsanleitung für diesen Fall Kurvendarstellungen abgedruckt, nach denen eine schnelle graphische Auswertung erfolgen kann.

Eine Möglichkeit, um die in Punkt 1 genannte Störung durch das NF-Generator-Signal zu eliminieren, ist dadurch gegeben, daß relativ leicht ein auf die Meßfrequenz abgestimmter Tiefpaß zwischen Sinusgenerator (z. B. SRG

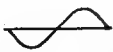


Kurvenform		Effektivwert	Scheitelfaktor
Sinus		$\frac{\hat{i}}{\sqrt{2}} \approx 0,707 \hat{i}$	$\sqrt{2} \approx 1,414$
Rechteck		$\hat{i}$	1,0
Spitze aus Halbparabel		$0,45 \cdot \hat{i}$	2,22

Abb. 5 Scheitelfaktor einiger Kurvenformen

389) und den zu messenden Verstärker zu schalten ist, der bei richtiger Dimensionierung das NF-Signal so verbessert, daß der verbleibende Klirrfaktor vernachlässigt werden kann. (Nähere Angaben hierzu siehe Anhang, Abschnitt 6.1.)

### Erläuterungen des Aufbaues

Der Generator ist hier ein SRG 389. Sein Innenwiderstand wurde auf  $600\ \Omega$  eingestellt, da in diesem Fall der Eigenklirrfaktor des Generators am geringsten ist. Der folgende Tiefpaß läßt die Grundwelle mit geringer Dämpfung passieren, während die Oberwellen unterdrückt werden (Dämpfung der 1. Oberwelle  $> 50\ \text{dB}$ ). Das hinter dem Filter zur Verfügung stehende praktisch unverzerrte Ausgangs-Signal speist den zu untersuchenden Verstärker, wobei der Filterausgang aus Anpassungsgründen abzuschließen ist.

Die Meßspannung für den KM 394 fällt über dem Lautsprecherersatz-Widerstand ab. Zur Aus-

wertung des Oberwellenspektrums kann an die Ausgangs-Buchsen ein Oszillograph angeschlossen werden. Besonders stark auftretende Oberwellen-Anteile sind auf diese Weise leicht zu erkennen.

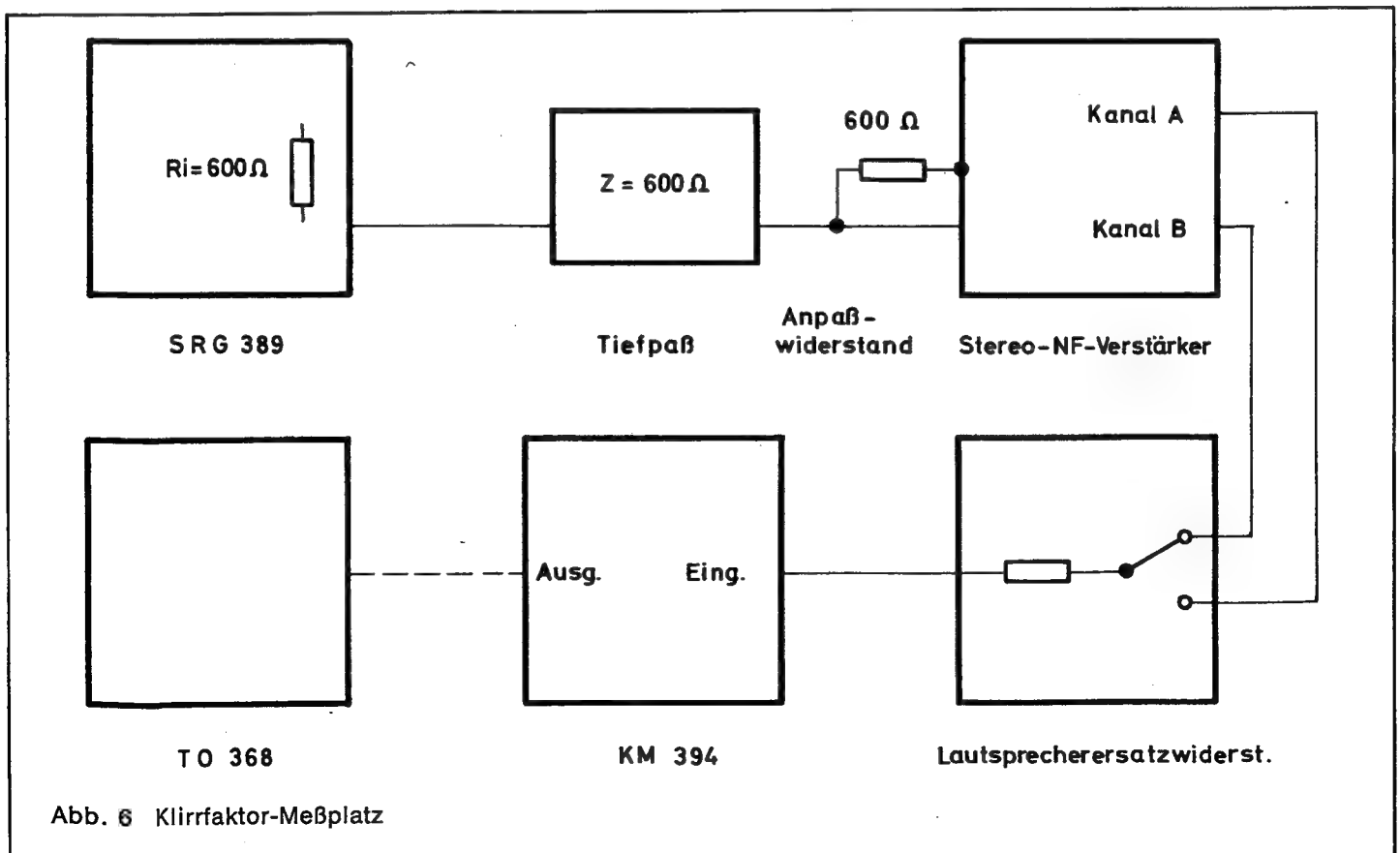
Ein Stereo-Verstärker wird zweckmäßig auf „Mono“ geschaltet (Parallelbetrieb beider Kanäle), dann braucht beim Messen der Kanäle nicht mehr der Eingang umgeschaltet zu werden, sondern nur der Lautsprecherersatz-Widerstand.

### 4.2 Voltmeter-Betrieb

Bedienungshinweis zur Effektivwertmessung  
Bei Messungen des Effektivwertes verschiedener Spannungsformen sollte im Interesse eines geringen Anzeigefehlers der Scheitelfaktor  $\leq 3,5$  sein.

#### 4.2.1 Definition des Effektivwertes:

Der Effektivwert einer beliebigen Wechselspannung ist gleich dem quadratischen Mittelwert dieser Spannung.



$$U = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} u^2 dt}$$

bei sinusförmigem Verlauf wird  $U \approx 0,707 |U_s|$

#### 4.2.2 Definition des Scheitelfaktors: (S).

Der Scheitelfaktor ist das Verhältnis des Scheitelwertes zum Effektivwert

$$S = \frac{U_s}{U_{\text{eff}}}$$

### 4.3 Spannungsmessung mit dem KM 394

Bei Spannungsmessungen mit einfachem Anschlußkabel ist die in den technischen Daten angegebene Meßgenauigkeit bei hohen Frequenzen nur dann einzuhalten, wenn der Eingangswiderstand des Voltmeters durch Abschluß auf  $\leq 60 \Omega$  herabgesetzt wird (z. B. Messen an einem Generator:  $R_i = R_a = 60 \Omega$ ). Das ist darauf zurückzuführen, daß dem hochohmigen Eingangswiderstand ( $1 \text{ M}\Omega$ ) die Geräte-Eingangs-Kapazität (ca.  $50 \text{ pF}$ ) und die Meßkabel-Kapazität parallel liegen. Die Messungen an hochohmigen Spannungsquellen lassen aber einen niedrigen Eingangswiderstand nicht zu. Um hierbei die günstigen Daten ebenfalls einzuhalten, ist mit einem frequenzkompensierten Tastkopf 1:10 (z. B. Typ 398) zu arbeiten, dabei erhöht sich der Eingangswiderstand auf  $10 \text{ M}\Omega$ .

#### Hinweis:

Im Voltmeter-Betrieb ergibt sich bei Umschaltung der Abschwächer-Taste V/mV eine unterschiedliche Eingangskapazität ( $30 \text{ pF}$  bzw.  $50 \text{ pF}$ ). Es ist deshalb bei Verwendung des 1:10-Tastkopfes nach jeder Umschaltung ein Neuabgleich der Tastkopfkapazität nötig. Das kann mit Hilfe der Rechteckspannung des eingebauten Eichgenerators ( $U_{\text{eff}} = 300 \text{ mV}$ , ca.  $1,3 \text{ kHz}$ ) erfolgen.

#### Abgleichvorgang:

Einen Oszillographen an die Verstärkerausgangsbuchsen anschließen. Tastkopf an den Eichgenerator anklammern und den Bereichsschalter bei „mV“ auf 0-dB und bei „V“ auf -60 dB einstellen. Die Tastkopfkapazität ist nun

durch Drehen des Abgleichkondensators so weit zu verändern, bis das Rechteck auf dem Oszillographenschirm keine Dachschräge mehr aufweist.

Spannungsmessungen bei  $300 \text{ mV}$  und  $100 \text{ mV}$  Endausschlag sind im Bereich „V“ ( $0,3 \text{ V}$  und  $0,1 \text{ V}$ ) und im Bereich „mV“ ( $300 \text{ mV}$  und  $100 \text{ mV}$ ) möglich. Es empfiehlt sich, die Messung bei geringer Verstärkerempfindlichkeit durchzuführen, also im Bereich „mV“, da dann eine Meßwertverfälschung durch die Eigenstörspannung (Verstärker-Rauschen) unterbleibt.

### 4.4 KM 394 als Meßverstärker

Bei Voltmeterbetrieb kann dieses Gerät durch seine Bandbreite, seine genaue, definiert einstellbare Verstärkung ( $70 \text{ dB}$ ) und durch den herausgeführten Verstärkerausgang als Wechselspannungs-Verstärker verwendet werden. Damit läßt sich das KM 394 z. B. als Vorverstärker für relativ unempfindliche Meßeinrichtungen benutzen.

#### Beispiel:

Auswerten von sehr kleinen Wechselspannungen mit einem Oszillographen unter Zuhilfenahme des KM 394 als Vorverstärker (Abb. 7).

Innerhalb der 3-dB-Bandbreite des KM 394 kann auch ein unempfindlicher Oszillograph noch für die Messung von Wechselspannungen benutzt werden, die unter  $1 \text{ mV}$  liegen; es ist allerdings darauf zu achten, daß der Verstärker

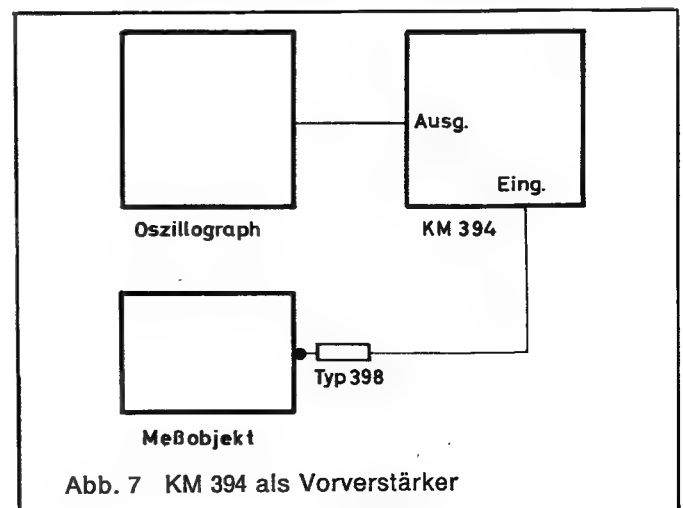


Abb. 7 KM 394 als Vorverstärker

im KM 394 nicht übersteuert wird. (Instrumenten-Zeigerausschlag  $\leq$  Vollausschlag).

#### 4.5 Verstärkungs- und Dämpfungsmessungen an aktiven und passiven Vierpolen

Diese Messungen beziehen sich auf logarithmische Leistungs- bzw. Spannungsverhältnisse zwischen Ein- und Ausgang eines Vierpols. Aus der Definition des Dezibels geht hervor, daß die Messung an gleichgroßen Widerständen geschehen muß.

Das bedeutet, daß der Widerstand am Eingang des Vierpols, an dem die Eingangsspannung gemessen wird, genau so groß sein muß, wie der Widerstand am Ausgang, an dem die Ausgangsspannung gemessen werden soll. Das KM 394 eignet sich durch seine große Gesamtverstärkung (90 dB) besonders gut für diese Messungen.

Beispiel:

Messen der Spannungsverstärkung in dB (Abb. 8).

Bereichsschalter auf 0 dB stellen, Grobabschwächer auf „mV“ und KM 394 im Voltmeterbetrieb an  $Z_2$  anklemmen. Mit Ausgangsspannungs-Regler des SRG 389 (Ausgangsspannung z. B. 1 kHz Sinus) den Zeigerausschlag am KM 394 auf 0 dB eichen. Jetzt ist der Eingang des KM 394 auf  $Z_1$  umzuschalten und der Bereichsschalter so einzustellen, daß die Instrumentenanzeige zwischen  $\frac{1}{1}$  und  $\frac{1}{3}$  Vollausschlag liegt. Verstärkung nun mit Hilfe des Bereichsschalters (10-dB-Teiler) und des Anzeigeinstrumentes ablesen.

z. B.: 10-dB-Teiler auf -40 dB  
Instrumentenanzeige auf -6 dB  
Spannungsverstärkung = 46 dB

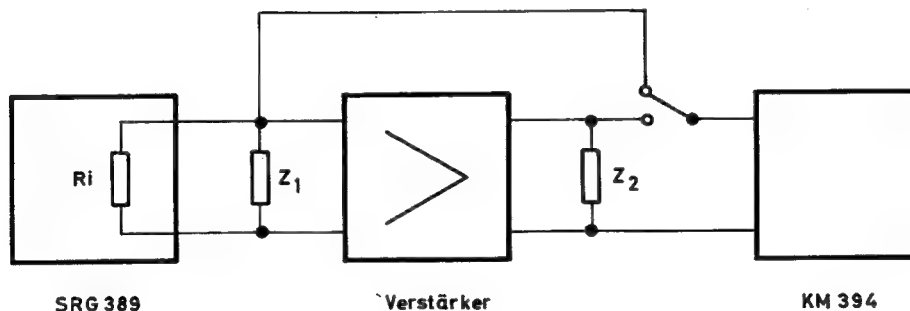


Abb. 8

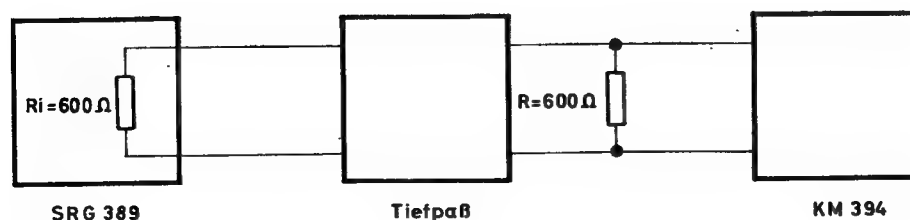


Abb. 9

# Wartung

Bei der Verstärkungsmessung ist darauf zu achten, daß der zu überprüfende Verstärker nicht übersteuert wird.

Beispiel:

Messen der Dämpfung eines Filters. (Abb. 9.)

Die Dämpfung eines Tiefpasses nach Abb. 14 für die 1. Oberwelle (2 kHz) soll ausgemessen werden. Der Tiefpaß ist für  $Z_1 = Z_2 = 600 \Omega$  dimensioniert worden, deshalb muß der Innenwiderstand des Generators auch auf  $600 \Omega$  eingestellt und der Filterausgang mit  $600 \Omega$  abgeschlossen werden. Da die Durchlaß-Dämpfung bei dieser Messung nicht interessieren soll, bleibt während des ganzen Meßvorganges das Voltmeter an den Abschlußwiderstand angeklemmt.

Grobabschwächer des KM 394 bei Voltmeterbetrieb auf „mV“ und Bereichsschalter auf 0 dB stellen. Am SRG 389 1 kHz Sinus einstellen und durch Änderung seiner Ausgangsspannung das Anzeigeinstrument des Voltmeters auf 0 dB eichen. Die Frequenz des SRG 389 nun auf 2 kHz erhöhen und anschließend den Bereichsschalter so einstellen, daß die Instrumentenanzeige zwischen  $\frac{1}{4}$  und  $\frac{1}{3}$  Vollausschlag liegt.

Die Dämpfung nun mit Hilfe des Bereichsschalters (10-dB-Teiler) und des Anzeigeinstrumentes ablesen.

z. B.: 10-dB-Teiler auf - 50 dB  
Instrumentenanzeige auf - 4 dB  
a = 54 dB

Damit ist die 1. Oberwelle gegenüber der Grundwelle um 54 dB gedämpft.

Eine Wartung bestimmter Bauteile des Gerätes ist nicht erforderlich. Für die Reinigung der Chassisteile benutze man einen feinen Haarpinsel oder entferne den Staub durch Ausblasen. Vor dem Herausziehen des Chassis ist das Gerät vom Netz zu trennen.

Reparatur- und Abgleicharbeiten, die am unter Spannung stehenden Gerät vorgenommen werden müssen, dürfen nur unter Beachtung der gebotenen Sicherheitsmaßnahmen durchgeführt werden.

Sollte durch Erneuern bzw. Alterung von Bauteilen eine Überprüfung oder Neueinstellung einzelner Baugruppen erforderlich sein, so kann sie nach folgender Anweisung vorgenommen werden. Die nachfolgenden Datenangaben beziehen sich auf Raumtemperatur (ca. 22 ... 25°).

Einsteller und Meßpunkte sind aus den Abbildungen 10, 11, 12 und 13 ersichtlich.

## 5.1 Betriebsspannungen

Meßpunkt: C 201 (100  $\mu$ F) U = + 12 V  
(einstellbar mit R 206)

Meßpunkt: C 202 (100  $\mu$ F) U = — 12 V  
(einstellbar mit R 202)

Meßpunkt: R 210 (910  $\Omega$ ) U = ca. + 34 V  
(nicht einstellbar)

## 5.2 Nacheichung im Voltmeter-Betrieb

Erforderliche Meßgeräte:

- 1 Oszillograph (z. B. TO 368)
- 1 Sinus-Rechteck-Generator (z. B. SRG 389)
- 1 Effektiv-Voltmeter (z. B. KM 394)
- 1 60- $\Omega$ -Eichleitung (z. B. Eichteiler Typ 376/10 oder ELU 381)
- 1 Anpaßglied 60  $\Omega$  (z. B. Typ 3380 B)
- 1 Vielfachinstrument  $R_i \geq 20.000 \Omega$   
(z. B. Multavi-HO).

### 5.2.1 Eingangsverstärker-Arbeitspunkt

Vielfachinstrument zwischen Masse und Kollektor T 402 anklemmen, R 412 etwa auf mittleren Bereich drehen und mit R 408 die Kollektorspannung auf - 5 V einstellen.

Hinweis: Bei Klirrfaktor-Betrieb muß eventuell für den geringsten Eigenklirrfaktor dieser Stufe eine kleine Korrektur der Einstellung durchgeführt werden (siehe 5.3.1 bis 5.3.4).

### 5.2.2 Hauptverstärker-Arbeitspunkt

Gleichspannung zwischen Masse und Emitter von T 314 bzw. T 313 (Meßpunkt M 1 bzw. M 2) mit R 357 auf 9 V einstellen.

### 5.2.3 Hauptverstärker-Symmetrie

Mit R 338 Gleichspannungs-Minimum ( $< 20$  mV) zwischen Emitter T 314 (Meßpunkt M 1) und Emitter T 313 (Meßpunkt M 2) einstellen.

### 5.2.4 Eichung des Hauptverstärkers

Bereichsschalter auf Linksanschlag (300 mV). Betriebsarten-Taste auf „U“ und Grobabschwächer-Taste auf „mV“. Eingangsbuchse des KM 394 mit 60- $\Omega$ -Anpaßglied abschließen.

Am SRG 389 1 kHz Sinus-Signal bei  $R_i = R_a = 60 \Omega$  auf genau 1000 mV einstellen (evtl. mit Effektiv-Voltmeter kontrollieren).

Eichteiler Typ 376/10 auf - 10 dB schalten.

SRG 389 über Eichteiler und Anpaßglied an die Eingangsbuchse des KM 394 anschließen. Effektiv-Voltmeter zwischen Masse und Emitter T 314 bzw. T 313 (Meßpunkt M 1 bzw. M 2) anschließen und mit R 352 (Eichung Hauptverstärker)  $U_{eff} = 3,75$  V einstellen.

Zur Instrumenten-Eichung mit R 391 den Anzeigewert auf 100 % einstellen.

SRG 389 auf 1 kHz Rechteckbetrieb (Mäander) umschalten. Die Anzeige darf sich jetzt nicht ändern, wenn die Ausgangsspannung des Generators bei Sinus- und bei Rechteckform gleich groß sind.

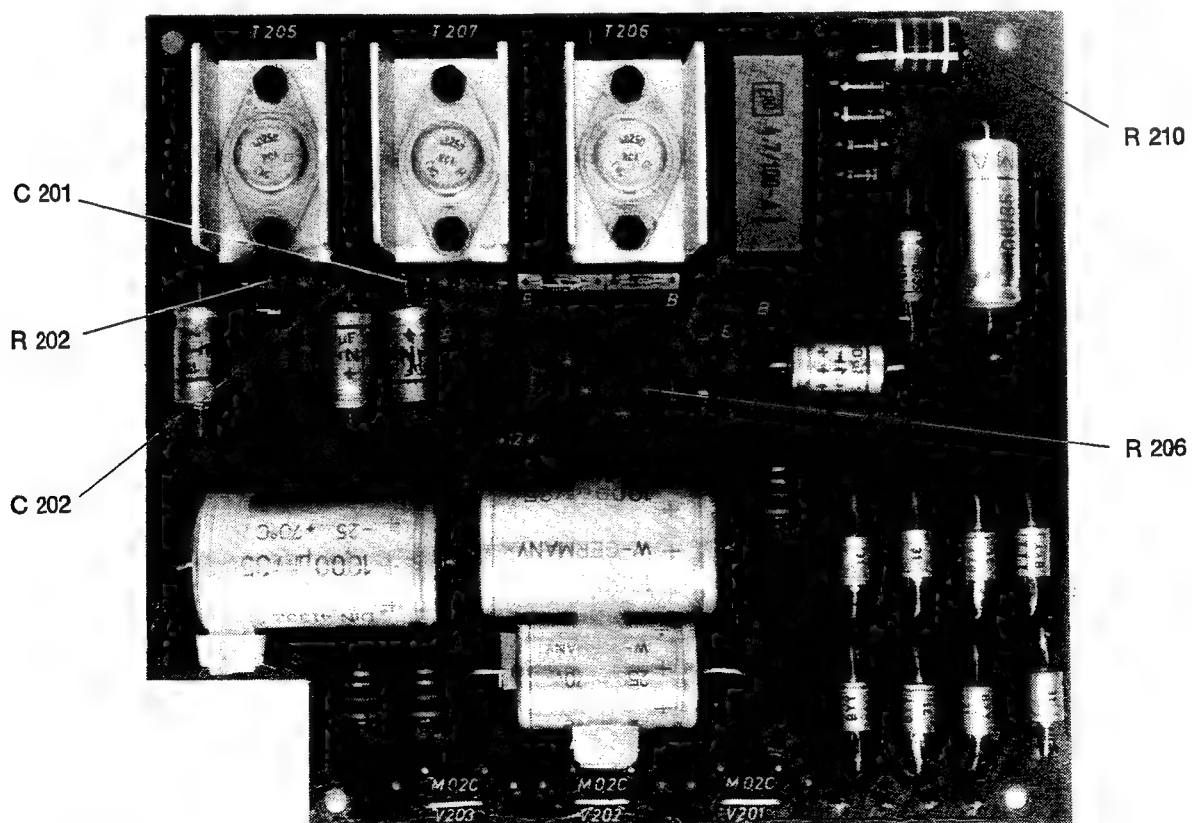


Abb. 10 Platine „Netzteil“

### 5.2.8 Bandbreiten-Einstellung des Hauptverstärkers

SRG 389 auf 1 MHz Rechteck betreiben und TO 368 an eine Verstärker-Ausgangsbuchse unsymm. anschließen.

Bandbreiten-Korrektur (C 319) auf optimale Rechteckwiedergabe einstellen. Mit TO 368 am anderen unsymm. Ausgang Rechteckwiedergabe kontrollieren und bei Unterschieden mit C 319 vermittelnd einstellen.

### 5.2.9 Eichung des Vorverstärkers; Arbeitspunkteinstellung

Eichteiler auf -60 dB und Bereichsschalter auf -50 dB stellen. Mit R 306 Gleichspannung zwischen Masse und Emitter von T 315 auf 4 V einstellen.

Zeigerausschlag am Instrument mit R 310 auf 100 % korrigieren.

Danach Spannung am Emitter T 315 überprüfen (4 V). Evtl. R 306 und R 310 wechselseitig einstellen.

### 5.2.10 Bandbreiten-Einstellung des Verstärkers

Eichteiler-Einstellung wie unter 5.2.9.

SRG 389 auf 1 MHz Sinus-Signal umschalten (Pegel SRG 389 wie unter 5.2.4), Bandbreiten-Korrekturtrimmer C 304 so einstellen, daß sich am Instrument ein Zeigerausschlag von 98 % ergibt.

### 5.2.11 Prüfen des Vorverstärker-Eigenstörsignals

Signalquelle vom Eingang abtrennen, jedoch Anpaßglied angeschlossen lassen. Das im empfindlichsten Meßbereich (100  $\mu$ V) erkennbare Eigenstörsignal darf nach der dB-Skala einen

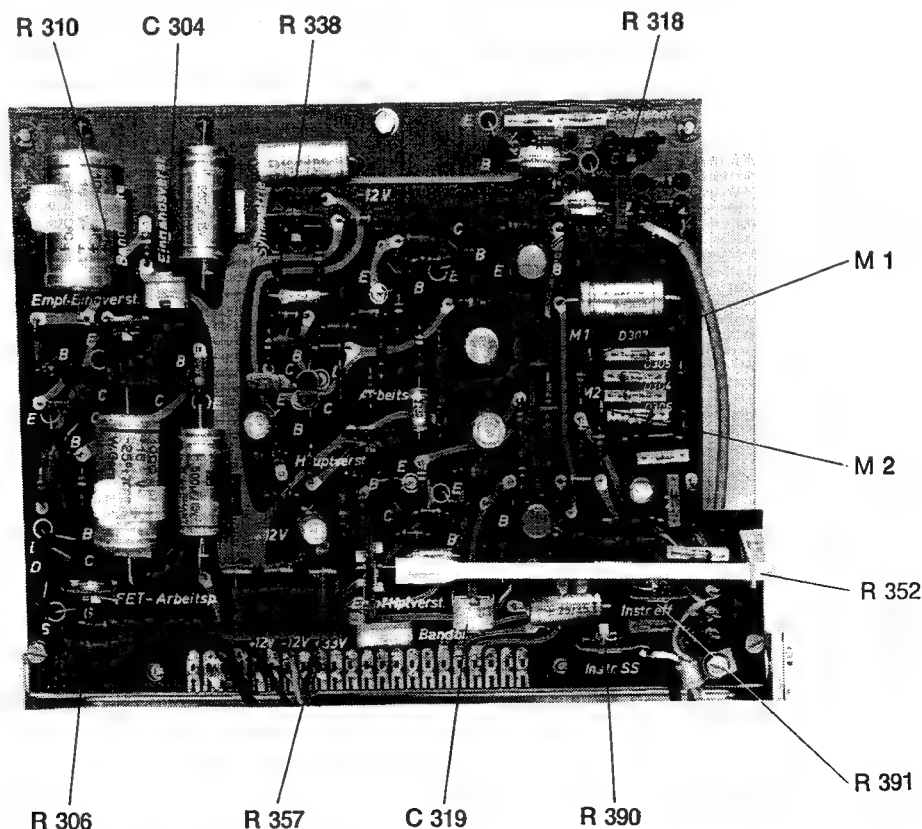


Abb. 11 Platine „Hauptverstärker“ (Anzeige-Verstärker)

Ausschlag von max. 15 dB hervorrufen. Bei oszillographischer Kontrolle an den NF-Ausgangsbuchsen muß dieses Signal reinen Rauschcharakter haben.

#### 5.2.12 Kontrolle und Kompensation des Grobabschwächers

Grobabschwächer-Taste auf „V“ und Bereichsschalter auf -50 dB. Signalquelle wie unter 5.2.4 anschließen, allerdings Eichteiler auf 0 dB stellen.

Die Anzeige am Instrument muß dann 100 %  $\pm$  2 % sein.

SRG 389 auf 1 MHz Sinus-Signal stellen (Pegel SRG 389 wie unter 5.2.4). C 403 so einstellen, daß sich ein Zeigerausschlag von 100 %  $\pm$  2 % ergibt.

#### 5.2.13 Eichspannungs-Einstellung

Effektiv-Voltmeter an Buchse „CAL“ anschließen und mit R 318 die Ausgangsspannung auf  $U_{eff} = 300$  mV einstellen.

### 5.3 Nacheichung im Klirrfaktor-Betrieb

Vor einem Neuabgleich ist das einwandfreie Funktionieren im Voltmeter-Betrieb zu überprüfen.

Zum Abgleich erforderliche Meßgeräte.

1 Oszillograph (z. B. TO 368)

1 Sinus-Rechteck-Generator (z. B. SRG 389)

1 Anpaßglied 60  $\Omega$  (z. B. Typ 3380 B)

1 Anpaßglied 600  $\Omega$

1 Tiefpaß 1 kHz ( $Z = 600 \Omega$ , Unterdrückung der 1. Oberwelle  $> 50$  dB)

1 Klirrfaktor-Meßbrücke (z. B. HP 333 A oder Zweitgerät KM 394 als Kontrollgerät)

#### 5.3.1 Eigenklirrfaktor vom Eingangsverstärker

Bereichsschalter auf Linksanschlag (100 %) und Betriebsarten-Taste auf „K“. Grobabschwächer für Klirrfaktormessung (V 101) auf Rechtsanschlag und Feinabschwächer für Klirrfaktormessung auf Linksanschlag.

Eingangsbuchse mit 600- $\Omega$ -Anpaßglied abschließen.

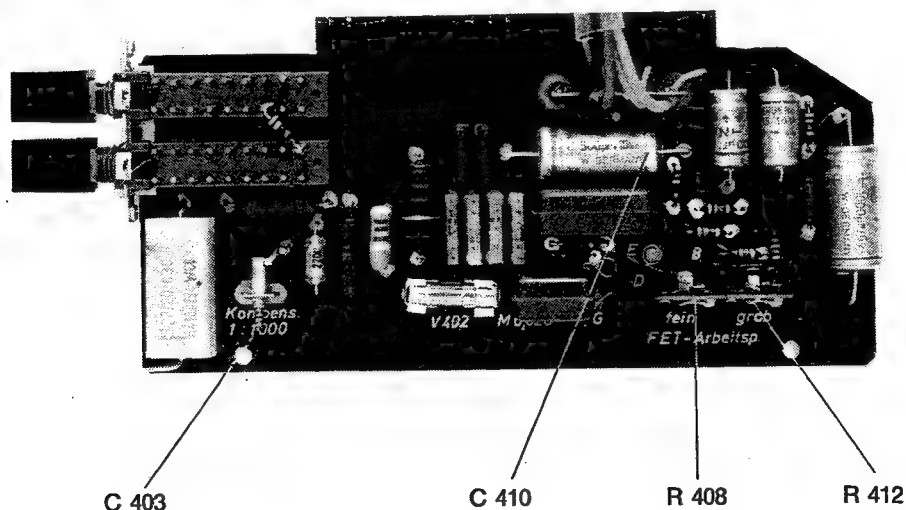


Abb. 12 Eingangsverstärker

### 5.3.2

SRG 389 auf 1 kHz Sinus-Signal stellen und  $R_i = 600 \Omega$  einschalten. SRG 389 über zwischengeschalteten 1-kHz-Tiefpaß und 600- $\Omega$ -Anpaßglied an die Eingangsbuchse KM 394 anschließen.

SRG 389 auf größte Ausgangsspannung stellen, so daß sich am Eingang des KM 394 eine Spannung von 0,7 ... 1 V einstellt (vom Aufbau des zwischengeschalteten Tiefpasses abhängig).

### 5.3.3

Klirrfaktor-Meßbrücke HP 333 A an den Eingang des KM 394 anklemmen und Klirrfaktor des Eingangssignals feststellen.

### 5.3.4

Anschließend Klirrfaktor-Meßbrücke HP 333 A an C 410 anschließen und mit dem Arbeitspunkt-Einsteller R 408 Klirrfaktor-Minimum

suchen. Anschließend den Einsteller etwas über diesen Minimum-Punkt heraus nach rechts weiterdrehen. Der jetzt angezeigte Klirrfaktor darf sich nur unwesentlich von dem Klirrfaktor am Eingang unterscheiden.

## 5.4 Brückenabgleich bei 1 kHz Festfrequenz

### 5.4.1

Einstellung wie unter 5.3.1 bis 5.3.2.

TO 368 an Ausgangsbuchsen des KM 394 anschließen.

Feinabstimmung für Phase und Betrag in Mittelstellung bringen und Hochpaß des KM 394 einschalten.

### 5.4.2

Taste „CAL“ drücken, Feinabschwächer für Klirrfaktormessung auf **Rechtsanschlag** R 533 so einstellen, daß im Oszillogramm der Sinus die geringste Verzerrung aufweist.

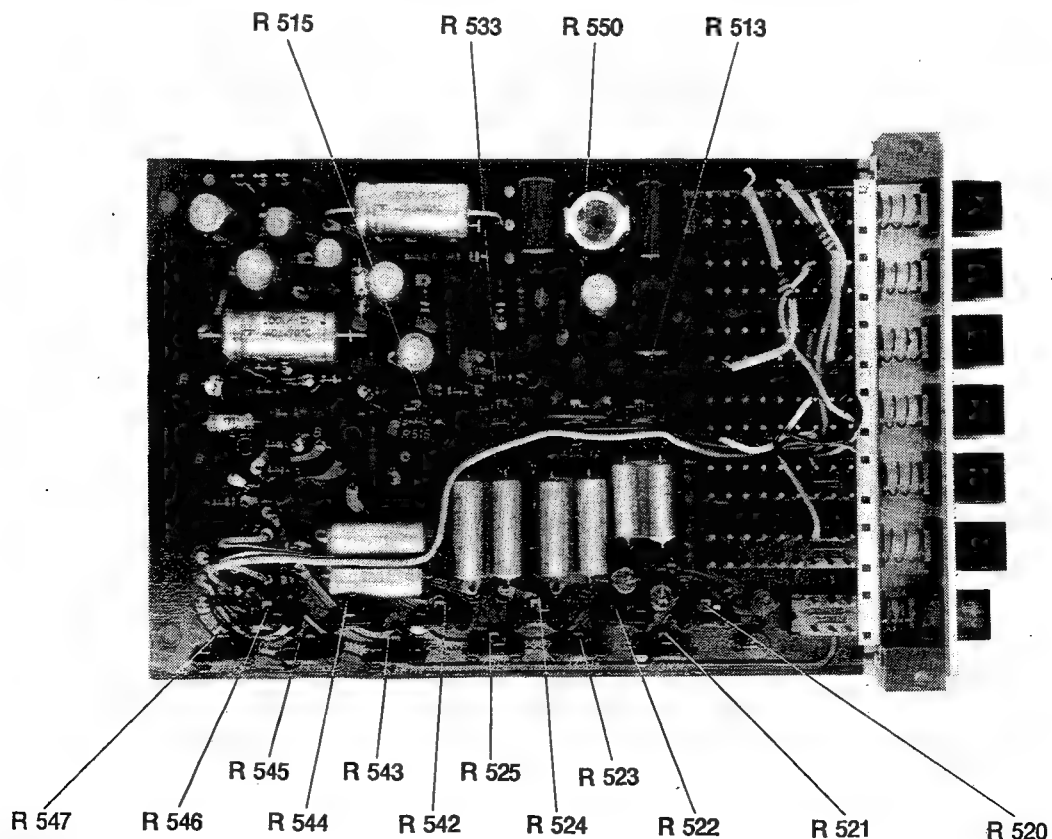


Abb. 13 Platine „Klirrfaktor-Meßbrücke“

#### 5.4.3

Ausgangsamplitude des SRG 389 auf 100 % des Instrumentes am KM 394 einstellen.

1-kHz-Taste am KM 394 drücken. R 522, R 544 und R 515 auf Minimum nach Anzeigeeinstrument einstellen, dabei wechselweise höhere Empfindlichkeit am Abschwächerschalter wählen, wenn der Zeigerausschlag im Minimum zu klein ist. Mit der Feinabstimmung „Phase“ und der Feinabstimmung „Betrag“ den Minimum-Feinabgleich durchführen. Der sich einstellende Meßwert auf dem KM 394 muß dem Meßwert des HP 333 A entsprechen.

Bei Abweichungen wird der Arbeitspunkt-Einsteller R 533 zur Korrektur benutzt (Einstellen der minimalen Eigenverzerrung des Brückenendverstärkers).

### 5.5 Abgleich der übrigen Festfrequenzen

#### 5.5.1

SRG 389 ( $R_i = 600 \Omega$ ) über 600- $\Omega$ -Anpaßglied an die Eingangsbuchse KM 394 anschließen, Tiefpaß entfernen. Einsteller für Feinabstimmung „Phase“ und für Feinabstimmung „Betrag“ in Mittelstellung bringen. Feinabschwächer für Klirrfaktormessung auf Rechtsanschlag drehen und über Ausgangsspannung des SRG 389 Instrument auf 100 % eichen.

#### 5.5.2

Folgende Einsteller sind für die Eichung der Aktiv-Filter-Kreise bestimmend:

40 Hz = R 525, R 547	} Hochpaß KM 394 muß ausgeschaltet bleiben!
100 Hz = R 524, R 546	
333 Hz = R 523, R 545	
400 Hz = R 513, R 550	
6,3 kHz = R 521, R 543	
12,5 kHz = R 520, R 542	

Vor jeder Einstellung sollte das Gerät bei gedrückter „CAL“-Taste auf 100 % geeicht werden.

#### 5.3.3

Der bei den einzelnen Frequenzen ermittelte Klirrfaktor-Meßwert muß mit der Anzeige am HP 333 A oder einem zweiten KM 394 als Kontrollgerät übereinstimmen.

### 5.6 Kontrolle des Hochpaß-Filters

#### 5.6.1 Einstellung wie unter 5.3.2.

#### 5.6.2

Anzeige bei gedrückter „CAL“-Taste auf 100 % einstellen.

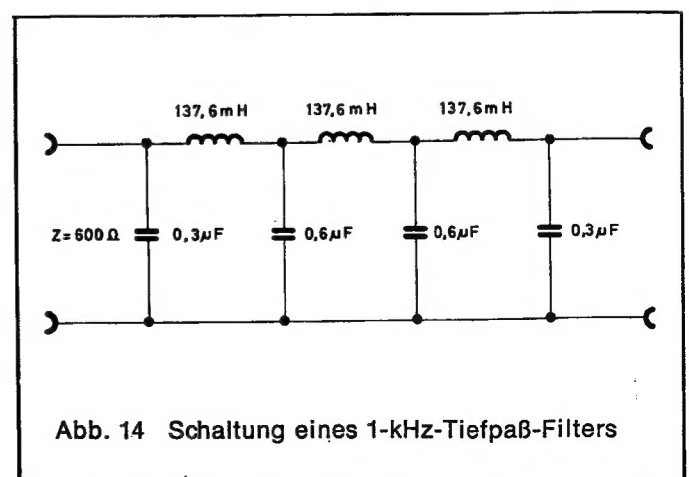
Hochpaß einschalten, Anzeige geht dabei um ca. 5 % zurück.

#### 5.6.3

Frequenz des SRG 389 auf 400 Hz stellen. Hier sollte eine Absenkung von ca. -3 dB auf Instrumentenskala ablesbar sein.

#### 5.6.4

Frequenz des SRG 389 auf 50 Hz einstellen. Absenkung mit Hilfe des Grobabschwächers und des Instrumentes feststellen, Meßwert: > 40 dB.



## 6.1 Aufbau eines Tiefpaßfilters

Soll ein besonders klirrarmer Vierpol (z. B. HiFi-Verstärker etc.) ausgemessen werden, so ist zweckmäßigerweise ein NF-Generator mit sehr kleinem Eigenklirr-Faktor zu verwenden. Wo ein solches Gerät nicht greifbar ist, leistet ein zwischengeschalteter Tiefpaß für die Meßfrequenz gute Dienste, da durch Absenkung der Oberwellen der Klirrfaktor des Generators im Meßergebnis nicht mehr störend eingeht. Im anderen Fall, also ohne Tiefpaß-Filter, müßte der Eigenklirrfaktor des NF-Generators gemäß Formel unter Abschnitt 4.1 bzw. nach Abschnitt 6.2 graphisch eliminiert werden. Der im Klirrfaktor-Meßbeispiel (Abb. 5) verwendete Tiefpaß ist für 1 kHz ausgelegt und kann folgendermaßen aufgebaut werden (Abb. 14):

Wellenwiderstand	600 $\Omega$
Grundfrequenz	1 kHz
Dämpfung der 1. Oberwelle	> 50 dB

Beim Aufbau ist zu beachten, daß die Induktivitäten als eisenlose Spulen ausgeführt sind und im Hinblick auf kleine Grunddämpfung möglichst dicker Draht (ca. 0,18 mm) verwendet wird.

## 6.2 Meßwert-Korrektur unter Berücksichtigung des Prüfsignales

Wird bei einer Klirrfaktormessung ein Generator mit einem Eigenklirrgrad in Größenordnung des Klirrfaktors vom Meßobjekt verwendet, so läßt sich der störende Eigenklirrgrad außer durch Tiefpaßschaltung gemäß Abschnitt 6.1 auch mathematisch eliminieren.

Es gilt die Formel

$$K = \sqrt{(K_{\text{Anzeige}}^2) - (K_{\text{Stör}}^2)}$$

wobei unter  $K_{\text{Stör}}$  die Summe der Klirrfaktoren aller Prüfgeräte (z. B. RC-Generator und Eigenklirrfaktor des KM 394) zu verstehen ist.

Die Auswertung ist für den Meßtechniker etwas unbequem. Daher ist ein Diagramm entwickelt worden, in welchem unter Berücksichtigung der meßbaren bzw. bekannten Stör-Klirrfaktoren ohne Rechnung der Klirrfaktor des Meßobjektes abgelesen werden kann (Abb. 15).

Beispiel:

Klirrfaktor des NF-Generators: 0,2 %  
Angezeigter Klirrfaktor bei zwischengeschaltetem Prüfobjekt: 0,6 %.

Der vom KM 394 angezeigte Wert 0,6 % wird auf der Abzisse markiert. Von dort geht man im Diagramm senkrecht nach oben bis zum Schnittpunkt mit dem Parameter 0,2 % und von hier nach links zur Ordinate weiter. Der Klirrfaktor des Meßobjektes kann nun auf der senkrechten Skala direkt abgelesen werden. Zwischenwerte sind jeweils zu interpolieren.

## 6.3 Hinweis zum Meßbereich 0,1 %

Während in den Meßbereichen  $\geq 0,3$  % der Eigenklirrfaktor der Meßbrücke nicht störend eingeht, muß er in den kleinsten Bereichen berücksichtigt werden.

Das ist besonders dann wichtig, wenn ein klirrarmer NF-Generator ausgemessen werden soll. In Abb. 16 ist ein Diagramm dargestellt, nach welchem im Meßergebnis der Eigenklirrfaktor des KM 394 berücksichtigt werden kann.

Beispiel:

Angezeigter Klirrfaktor 0,08 %.

Der am KM 394 angezeigte Wert wird auf der Abzisse markiert (0,08 %).

Vom Schnittpunkt der Senkrechten in diesem Punkt mit der Kurve wird eine Gerade zur Ordinate gezogen und dort der exakte Meßwert abgelesen (0,0735 %).

## 6.4 Hinweis zum Bereich 0,03 %

Dieser kleinste Meßbereich ist für die Klirrfaktormessung nur noch informativ zu verwenden, da er im Prinzip für den Betrieb des Gerätes als Millivoltmeter entwickelt wurde.

Sollen einmal sehr kleine Klirrfaktoren beurteilt werden, ist zu beachten, daß der Eigenklirrfaktor und das Grundrauschen die Auswertung in diesem Bereich verfälschen. Vergleichsmessungen sind möglich. Für genaue Auswertungen können in diesem Bereich jedoch keine Toleranzen angegeben werden.

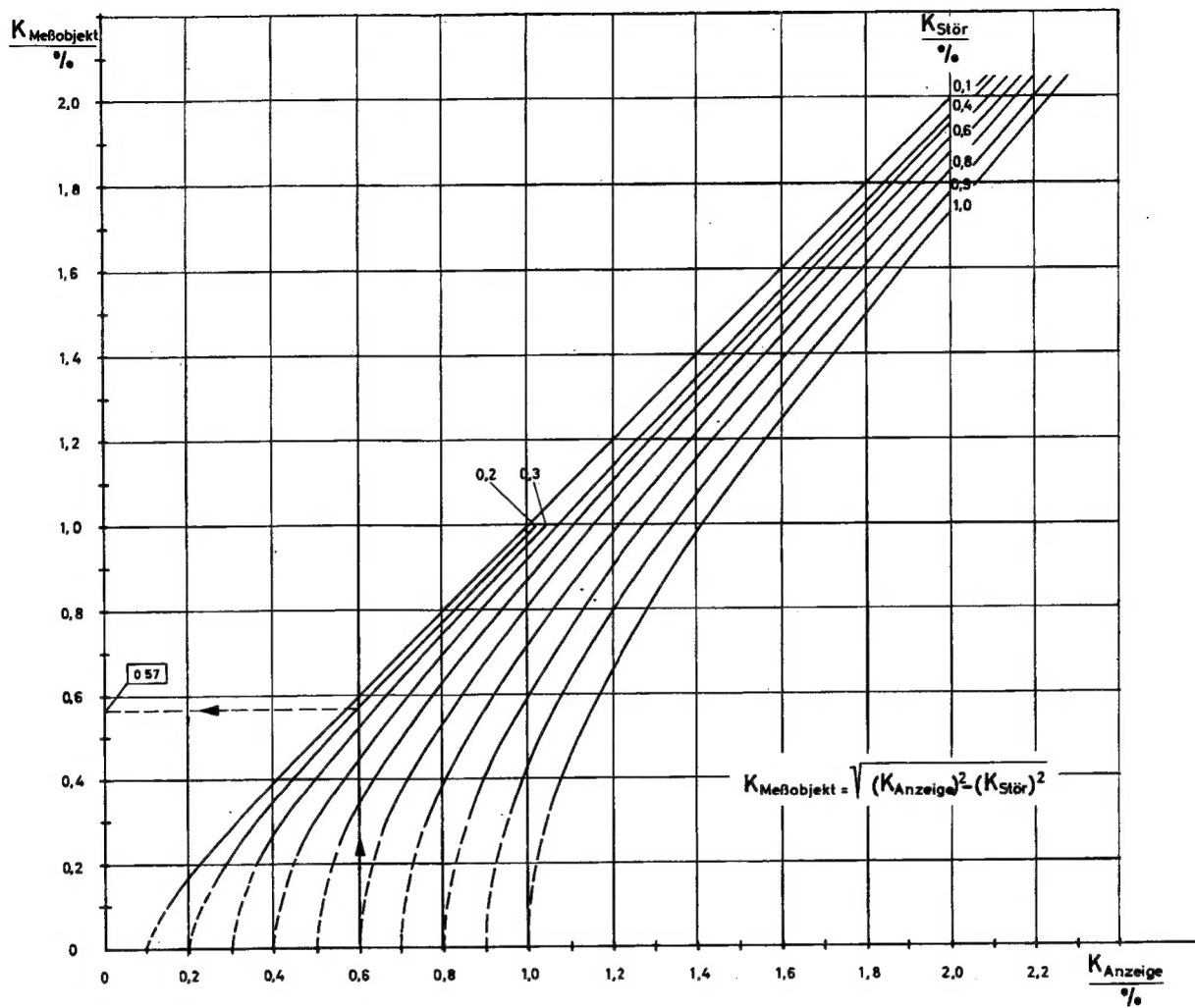


Abb. 15 Korrekturkurve bei Berücksichtigung von  $K_{\text{Stör}}$

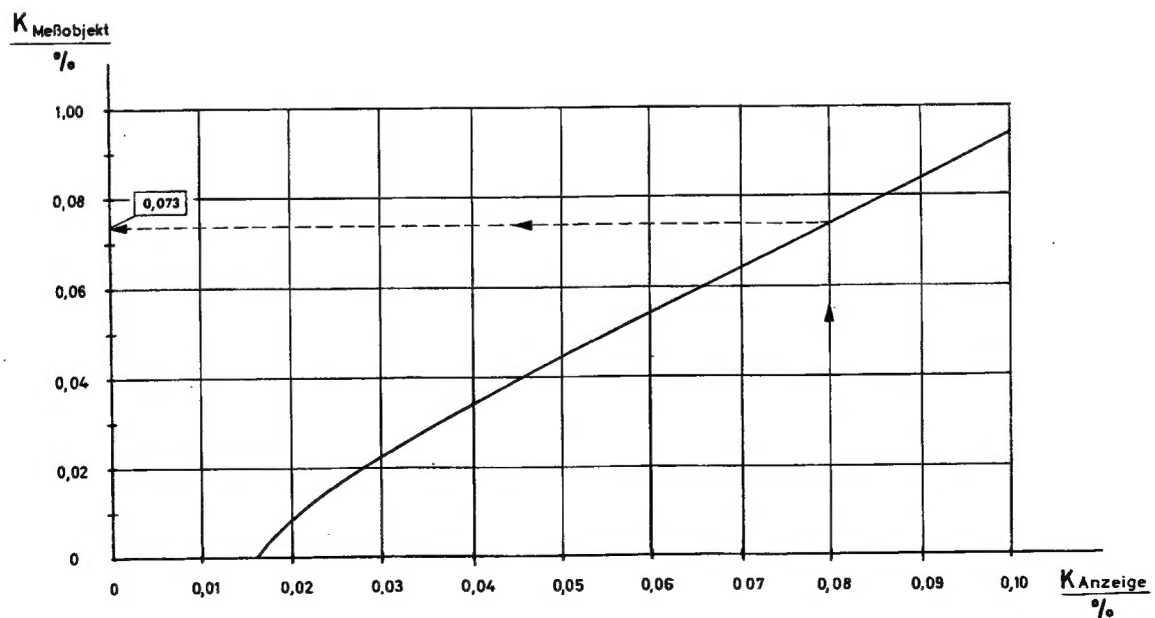
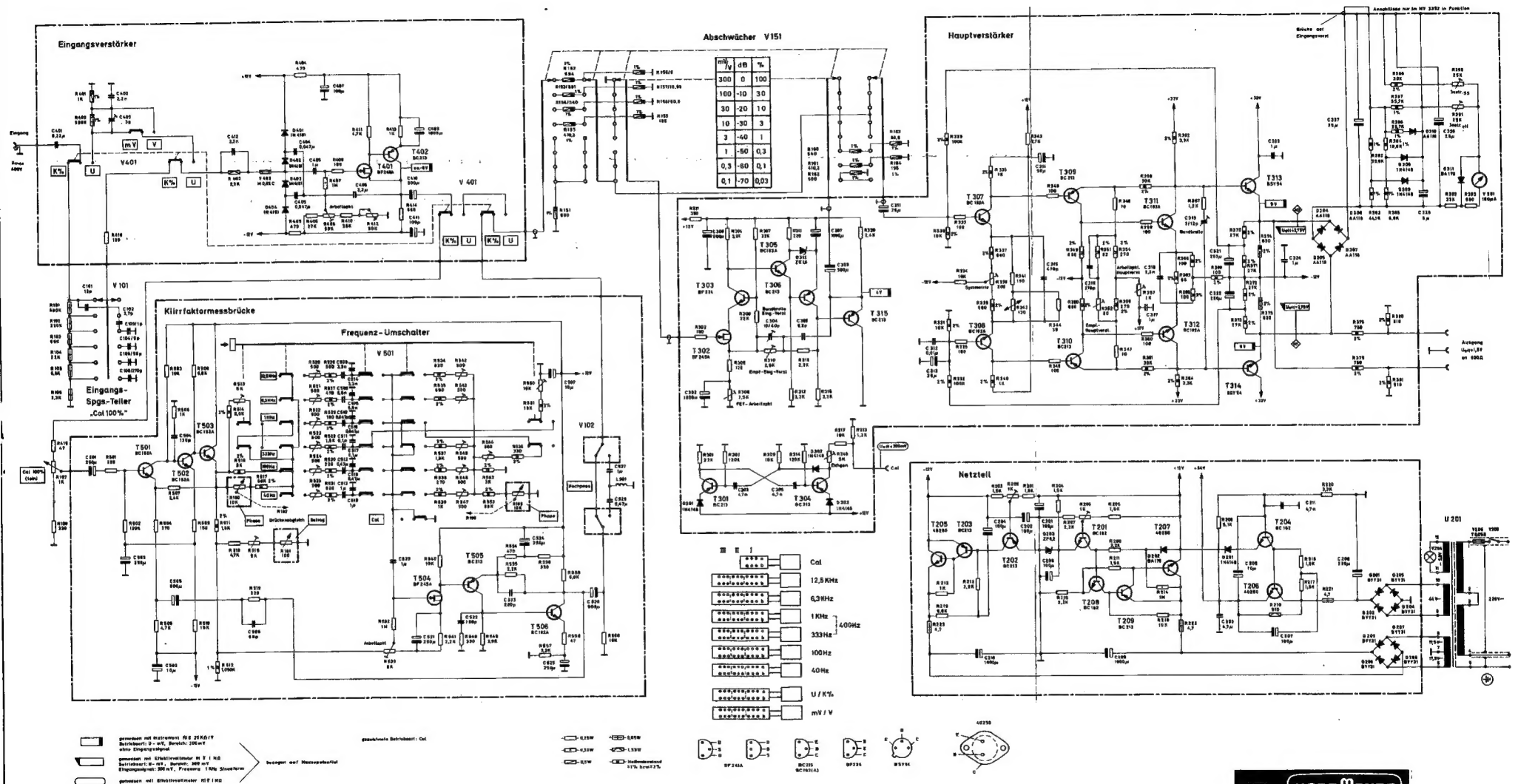


Abb. 16 Eigenklirr-Parameter des KM 394



**KLIRRFAKTOR-MESSGERÄT**  
**KM 394**